



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Off nl ungsschrift
⑩ DE 100 33 549 A 1

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 02 B 26/10
G 02 B 21/00

②1 Aktenzeichen: 100 33 549.7
②2 Anmeldetag: 11. 7. 2000
④3 Offenlegungstag: 24. 1. 2002

DE 100 33 549 A 1

⑦1 Anmelder:
Leica Microsystems Heidelberg GmbH, 68165
Mannheim, DE

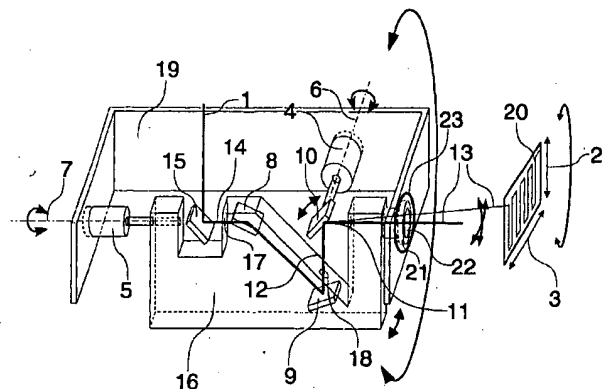
⑦4 Vertreter:
Ullrich & Naumann, 69115 Heidelberg

⑦2 Erfinder:
Engelhardt, Johann, Dr., 76669 Bad Schönborn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Optische Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls insbesondere in zwei im wesentlichen senkrecht zueinander liegenden Richtungen

⑤7 Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls (1, 14), insbesondere in zwei im wesentlichen senkrecht zueinander liegenden Richtungen (2, 3), vorzugsweise zur Anwendung bei konfokalen Rastermikroskopen, mit zwei mittels jeweils eines Drehantriebs (4, 5) um senkrecht zueinander liegende Achsen - x-Achse (6) und y-Achse (7) - drehbaren Spiegeln (8, 10), wobei einem der beiden Spiegel (8, 10) ein weiterer Spiegel (9) in einer vorgegebenen Winkelposition drehfest zugeordnet ist, so dass die einander zugeordneten Spiegel (8, 9) - erster und zweiter Spiegel - gemeinsam um die y-Achse (7) drehen und dabei den Lichtstrahl (14) um einen Drehpunkt (11) drehen, der auf der Drehachse (6) - x-Achse - des dritten Spiegels (10) liegt. Zur Minimierung und im Idealfall zur Eliminierung der durch die Anordnung erzeugten Verzeichnungsfehler ist die optische Anordnung dadurch gekennzeichnet, dass die Spiegel (8, 9, 10) derart angeordnet sind, dass die optische Achse des zwischen dem zweiten und dem dritten Spiegel (9, 10) verlaufenden Lichtstrahls (12) stets im wesentlichen in einer die x-Achse (6) umfassenden, senkrecht zur y-Achse (7) stehenden Ebene liegt.



DE 100 33 549 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Optische Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls insbesondere in zwei im wesentlichen senkrecht zueinander liegenden Richtungen, vorzugsweise zur Anwendung bei konfokalen Rastermikroskopen, mit zwei mittels jeweils eines Drehantriebs um senkrecht zueinander liegende Achsen – x-Achse und y-Achse – drehbaren Spiegeln, wobei einem der beiden Spiegel ein weiterer Spiegel in einer vorgegebenen Winkelposition drehfest zugeordnet ist, so dass die einander zugeordneten Spiegel – erster und zweiter Spiegel – gemeinsam um die y-Achse drehen und dabei den Lichtstrahl um einen Drehpunkt drehen, der auf der Drehachse – x-Achse – des dritten Spiegels liegt.

[0002] Eine optische Anordnung der gattungsbildenden Art ist aus der DE 196 54 210 C2 bekannt. Die aus dieser Druckschrift bekannte Anordnung zum Scannen eines Strahls ermöglicht in vorteilhafter Weise hohe Scanraten beim Ablenken des Lichtstrahls.

[0003] Nachteilig bei der bekannten Anordnung sind Scanfehler, die sich insbesondere nach dem Scannen eines Objekts mit einem konfokalen Rastermikroskop in Form einer hyperbolischen Verzeichnung ergibt. Die Verzeichnung kann zwar rechnerisch korrigiert werden, das ist jedoch unter Umständen problematisch, da insbesondere bei einer Objektabtastung, bei der das Abtasttheorem nicht erfüllt ist, das Bild nicht eindeutig rechnerisch rekonstruiert werden kann.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine gattungsbildende Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls in zwei im wesentlichen senkrecht zueinander liegenden Richtungen derart anzugeben und weiterzubilden, dass die durch die Anordnung erzeugten Verzeichnungsfehler minimiert und im Idealfall eliminiert werden können.

[0005] Die erfindungsgemäße Anordnung der gattungsbildenden Art löst die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Danach ist eine solche Anordnung dadurch gekennzeichnet, dass die Spiegel derart angeordnet sind, dass die optische Achse des zwischen dem zweiten und dem dritten Spiegel verlaufenden Lichtstrahls stets im wesentlichen in einer die x-Achse umfassenden, senkrecht zur y-Achse stehenden Ebene liegt.

[0006] Erfindungsgemäß ist zunächst erkannt worden, dass die in der DE 196 54 210 C2 genannte hyperbolische Verzeichnung dann minimiert bzw. eliminiert werden kann, wenn die Drehung der einander zugeordneten Spiegel – erster und zweiter Spiegel –, die gemeinsam um die y-Achse drehen, den Lichtstrahl nach Reflexion an dem dritten Spiegel lediglich entlang einer Richtung bzw. einer Geraden ablenken. Ebenfalls muß bei der Drehung des dritten Spiegels um die x-Achse der Lichtstrahl lediglich entlang einer Richtung bzw. einer Geraden abgelenkt werden. Dementsprechend ist die Entkopplung der Drehung der Spiegel um ihre jeweiligen Drehachsen zu den Ablenkrichtungen der jeweils anderen Drehachse entsprechenden Ablenkrichtung eine grundsätzliche Voraussetzung zur verzeichnungsarmen Ablenkung des Lichtstrahls. Die erfindungsgemäße Anordnung der ersten beiden Spiegel relativ zum dritten Spiegel ermöglicht eine solche Entkopplung, da die optische Achse des vom zweiten Spiegel reflektierten und zum dritten Spiegel verlaufenden Lichtstrahls stets auf den dritten Spiegel auftrifft und der Auftreffpunkt der optischen Achse des Lichtstrahls auf der Drehachse des dritten Spiegels – x-Achse – liegt und in erfindungsgemäßer Weise während der Drehung der beiden einander zugeordneten Spiegel stets in der senkrecht zur y-Achse stehenden Ebene liegt.

[0007] In weiter vorteilhafter Weise sind die Spiegel der-

art angeordnet, dass die optische Achse des von dem zweiten Spiegel zu dem dritten Spiegel verlaufenden Lichtstrahls stets im wesentlichen in einem Punkt auf der Spiegelfläche des dritten Spiegels auftrifft, der der Schnittpunkt der beiden Drehachsen ist. Durch diese Anordnung der Spiegel wird bei Drehung der beiden ersten Spiegel unabhängig von deren Schwenkwinkel die optische Achse des vom zweiten Spiegel reflektierten Lichtstrahls stets um den gleichen Punkt geschwenkt, was in vorteilhafter Weise einen telezentrischen Strahlengang auch nach der Spiegelanordnung aufrecht erhält. Da unabhängig von der Winkelstellung des dritten Spiegels der Auftreffpunkt des von dem zweiten Spiegel reflektierten Lichtstrahls auf dem dritten Spiegel stets im wesentlichen der Gleiche ist, wird auch bezüglich der Ablenkrichtung des dritten Spiegels der von dem dritten Spiegel reflektierte bzw. abgelenkte Lichtstrahl stets um den Punkt geschwenkt, der auf der Spiegelfläche des dritten Spiegels liegt und der Schnittpunkt der beiden Drehachsen ist. Somit wird der von den drei Spiegeln abgelenkte Lichtstrahl insbesondere in zwei im wesentlichen senkrecht zueinander liegenden Richtungen abgelenkt.

[0008] Für die Wirkungsweise der Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls ist es unerheblich, ob der abzulenkende Lichtstrahl ein nicht aufgeweiteter oder ein aufgeweiteter bzw. kollimierter Lichtstrahl ist.

[0009] In einer konkreten Ausführungsform ist die optische Achse des auf den ersten Spiegel einfallenden Lichtstrahls und die optische Achse des von dem dritten Spiegel reflektierten Lichtstrahls im wesentlichen kollinear. Dies trifft jedoch nur dann zu, wenn sich der dritte Spiegel in der nicht ausgelenkten Position befindet, d. h. der den dritten Spiegel drehende Drehantrieb befindet sich in seiner Ruhelage. Die kollineare Anordnung der optischen Achsen ist insbesondere bei der Justage bzw. der Montage der Anordnung vorteilhaft, da der einfallende Lichtstrahl ohne die drei Spiegel der Ablenkanordnung auf den gleichen Punkt zielt, der sich ergibt, wenn die drei Spiegel der Ablenkanordnung in den optischen Strahlengang eingebracht sind. In einer weiteren Ausführungsform ist die Drehachse der beiden ersten Spiegel im wesentlichen kollinear zur optischen Achse des auf den ersten Spiegel einfallenden Lichtstrahls. Hierdurch ist bei Drehung der beiden ersten Spiegel um die y-Achse der Auftreffpunkt der optischen Achse des einfallenden Strahls auf den ersten Spiegel unabhängig von der Winkelstellung der beiden ersten Spiegel stets der Gleiche. Die Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass der erste Spiegel derart angeordnet ist, dass die Drehachse der beiden Spiegel – die y-Achse – und die Spiegelfläche des ersten Spiegels einen Schnittpunkt aufweisen.

[0010] In einer weiteren Ausführungsform ist die Drehachse der beiden ersten Spiegel im wesentlichen kollinear zu der optischen Achse des von dem dritten Spiegel reflektierten Lichtstrahls. Dies trifft ebenfalls nur dann zu, wenn sich der dritte Spiegel nicht in der ausgelenkten Position befindet.

[0011] In einer konkreten Ausführungsform ist vorgesehen, dass der die beiden ersten Spiegel um die y-Achse drehende Drehantrieb räumlich zwischen dem ersten und dem dritten Spiegel angeordnet ist. Hierdurch kann auch in vorteilhafter Weise eine Kollinearität zwischen der optischen Achse des auf den ersten Spiegel einfallenden Lichtstrahls und der optischen Achse des von dem dritten Spiegel reflektierten Lichtstrahls gegeben sein. Die optische Anordnung zum Ablenken des Lichtstrahls könnte ohne weitere Umlenkung einen in eine Richtung verlaufenden Lichtstrahl ablenken, bzw. schwenken, wobei der Drehpunkt des abgelenkten Lichtstrahls auf der optischen Achse des ursprünglich verlaufenden Lichtstrahls liegt. Die so erzielbare Ablenkung

hätte weiterhin eine zentrale Achse, die mit der Richtung des ursprünglich verlaufenden Lichtstrahls zusammenfällt, sozusagen eine "gerade aus" Ablenkung bzw. Auffächerung.

[0012] In einer alternativen Ausführungsform ist zwischen dem die beiden ersten Spiegel um die y-Achse drehenden Drehantrieb und dem ersten Spiegel ein vierter Spiegel angeordnet. Dieser Spiegel ermöglicht eine Ablenkung des Lichtstrahls um einen nahezu beliebigen Winkel, so dass der durch die optische Anordnung abgelenkte bzw. aufgefächerte Lichtstrahl eine Zentralachse aufweist, die mit der ursprünglichen Ausbreitungsrichtung des Lichtstrahls vor der Reflexion an dem vierten Spiegel nicht übereinstimmt.

[0013] Der vierte Spiegel ist hierbei ortsfest angeordnet. Gegebenenfalls ist er zu Justagezwecken bzw. bei der Produktion verstellbar, nach der Justage jedoch wird er in seiner Position arretiert.

[0014] Die beiden ersten Spiegel sind in einem Gehäuse angeordnet. Das Gehäuse weist mindestens zwei Öffnungen auf, durch die die Lichtstrahlen ein- bzw. austreten können. Das Gehäuse weist entsprechende Aufnahmemittel auf, auf denen die beiden Spiegel aufgeklebt oder in einer sonstigen Weise befestigt werden können. Das Gehäuse ist vorzugsweise aus leichtem Material gefertigt und weist idealerweise nach seiner formgebenden Produktion – bspw. durch spanende Formung – eine hinreichende Genauigkeit auf, so dass nach Einbringen der beiden Spiegel keine weitere Justage der Spiegel relativ zu dem Gehäuse notwendig ist. Hierdurch wird in vorteilhafter Weise eine reproduzierbare und schnelle Herstellung ermöglicht. Durch die eine Öffnung tritt das auf den ersten Spiegel auffallende Licht in das Gehäuse ein. Durch die andere Öffnung tritt das von dem zweiten Spiegel reflektierte Licht aus dem Gehäuse aus. Weitere Öffnungen des Gehäuses sind aus Gründen der Vermeidung von Verschmutzungen durch Staubpartikel nicht vorgesehen. Das Gehäuse könnte jedoch eine abnehmbare Seitenwand aufweisen, die zu Reinigungszwecken, auch nach längerer Betriebsdauer, geöffnet werden kann.

[0015] Das Gehäuse ist direkt mit dem Drehantrieb verbunden, vorzugsweise direkt an dessen mechanischer Drehachse. Alternativ hierzu wäre eine indirekte Verbindung des Gehäuses mit dem Drehantrieb denkbar, bspw. über ein Getriebe, Kardangelenk oder ein sich abrollendes Blattelement. Hierdurch könnte eine Übersetzung den möglichen Drehwinkel des Drehantriebs verringern bzw. erhöhen, falls die Spiegel über einen größeren bzw. kleineren Winkelbereich gedreht werden müssen. Auch könnte hierdurch die maximale bzw. minimale Dreh- bzw. Schwenkgeschwindigkeit erhöht bzw. erniedrigt werden. Ein sich abrollendes Blattelement – wie es üblicherweise bei Magnetköpfen von Computerfestplatten eingesetzt wird – könnte das Gehäuse um eine Achse drehen, die nicht mit der Drehachse des Drehantriebs kollinear sein muss.

[0016] In gleicher Weise könnte der dritte Spiegel entweder direkt oder indirekt mit einem weiteren Drehantrieb verbunden sein. In ersterem Fall ist der dritte Spiegel vorzugsweise direkt an der mechanischen Drehachse des weiteren Drehantriebs – der um die x-Achse dreht – verbunden, in letzterem Fall könnte der dritte Spiegel über ein Getriebe, Kardangelenk oder ein sich abrollendes Blattelement mit dem weiteren Drehantrieb verbunden sein.

[0017] Die beiden Drehantriebe können entweder mittelbar oder unmittelbar an einer Aufnahmevorrichtung angebracht sein. Bei der Aufnahmevorrichtung könnte es sich bspw. um eine Platte handeln, an der die beiden Drehantriebe befestigt sind. Hierdurch ist sichergestellt, dass die beiden Drehantriebe in einer wohldefinierten Position relativ zueinander angeordnet sind. Darüber hinaus könnte die Aufnahmevorrichtung als eine Winkelplatte, eine Doppel-

winkelplatte oder ein Gehäuse mit entsprechenden Öffnungen ausgebildet sein.

[0018] In vorteilhafter Weise ist die Aufnahmevorrichtung drehbar angeordnet. In einer bevorzugten Ausführungsform dreht die Aufnahmevorrichtung um die y-Achse. Durch die Drehung der Aufnahmevorrichtung werden die beiden Drehantriebe der drei Spiegel gemeinsam um die Achse der Aufnahmevorrichtung gedreht, so dass hierdurch die Orientierung der Strahlablenkrichtungen veränderbar ist. Dies ist insbesondere deshalb vorteilhaft, da hierdurch die Orientierung der Ablenkrichtung des alleine drehenden dritten Spiegels verändert werden kann. Der alleine drehende dritte Spiegel wird im allgemeinen mit einer sehr viel höheren Scangeschwindigkeit betrieben als das die beiden Spiegel aufnehmende Gehäuse, das eine sehr viel größere Masse aufweist. Demgemäß kann durch Drehen der Aufnahmevorrichtung die schnelle Strahlablenkrichtung des alleine drehenden dritten Spiegels beliebig orientiert werden, was insbesondere für Anwendungen bei der konfokalen Rastermikroskopie von großem Vorteil ist.

[0019] Das die beiden ersten Spiegel aufnehmende Gehäuse weist ein Drehlager auf. Dieses Drehlager könnte in der Aufnahmevorrichtung gelagert sein. Falls keine gemeinsame Aufnahmevorrichtung für die beiden Drehantriebe vorgesehen ist, könnte das Drehlager direkt in dem die Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls aufnehmenden Gehäuse gelagert sein. In einer konkreten Ausführungsform ist die Achse des Drehlagers kollinear zu der Drehachse der beiden ersten Spiegel.

[0020] Weiterhin ist vorgesehen, dass die Aufnahmevorrichtung mindestens ein Drehlager aufweist, das eine Drehung der Aufnahmevorrichtung um eine Achse ermöglicht. Nun könnte das Drehlager des Gehäuses der beiden Spiegel in einem Drehlager der Aufnahmevorrichtung gelagert sein. In diesem Fall könnte die Achse des Drehlagers des Gehäuses der beiden Spiegel kollinear zu der Achse des Drehlagers der Aufnahmevorrichtung angeordnet sein.

[0021] Im Hinblick auf einen flexiblen Einsatz der erfindungsgemäßen optischen Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls ist vorgesehen, dass die einzelnen Bauteile modular ausgeführt und leicht austauschbar sind. Hierzu könnte bspw. das die beiden Spiegel aufnehmende Gehäuse und der das Gehäuse drehende Drehantrieb zu einem austauschbaren Modul zusammengefasst sein. Weiterhin könnte der dritte Spiegel und der ihm drehende Drehantrieb zu einem austauschbaren Modul zusammengefasst sein. Hierdurch könnte entweder das Gehäuse mit den beiden ersten Spiegeln samt dessen Drehantrieb ausgetauscht werden, um bspw. den Winkelbereich der Ablenkung um die y-Achse zu verändern. Auch der dritte Spiegel und der ihm drehende Drehantrieb könnte als Modul ausgetauscht werden, um bspw. einen Drehantrieb höherer oder niedrigerer Scanrate in die optische Anordnung einzusetzen. Hierdurch kann in vorteilhafter Weise der Anwendungsbereich der erfindungsgemäßen Anordnung flexibel erweitert werden. Weiterhin könnte die gesamte Aufnahmevorrichtung in Form eines austauschbaren Moduls ausgeführt sein, so dass die komplette erfindungsgemäße Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls austauschbar ist.

[0022] Zur Vermeidung von umständlichen bzw. langwierigen Justagen ist vorgesehen, dass die austauschbaren Modulen und/oder die modular ausgeführte Aufnahmevorrichtung Mittel zur exakten Positionierung aufweist. Diese Mittel könnten bspw. in Form von Führungselementen und/oder Anschlagelagern ausgeführt sein.

[0023] Als Drehantrieb für das die beiden ersten Spiegel aufnehmende Gehäuse bzw. für den dritten Spiegel könnte ein Galvanometer eingesetzt werden. Zum Erzielen einer

hohen Scan- bzw. Ablenkrate könnte auch ein resonantes Galvanometer eingesetzt werden. Ein resonantes Galvanometer wird vorzugsweise als Drehantrieb für den alleine drehenden dritten Spiegel verwendet. Als Drehantrieb könnte auch ein Schrittmotor zum Einsatz kommen.

[0024] Ebenfalls zum Erzielen einer hohen Scan- bzw. Ablenkrate könnte einer der Spiegel durch ein aktives optisches Bauteil ersetzt werden. Hierzu könnte bspw. ein AOD (Acousto-Optical-Deflector), EOD (Electro-Optical-Deflector) oder ein DMD (Digital-Micro-Mirror-Device) verwendet werden. Hierbei wäre denkbar, dass der alleine drehende dritte Spiegel durch ein aktives optisches Bauteil ersetzt wird. Dieses optische Bauteil könnte in der Aufnahmevorrichtung angebracht sein.

[0025] Weiterhin könnte der optischen Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls, d. h. den drei Spiegeln, mindestens ein optisch aktives Bauteil vor- und/oder nachgeordnet sein. Auch hierbei könnte es sich bei dem optisch aktiven Bauteil um ein AOD, EOD oder DMD handeln.

[0026] Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

[0027] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen optischen Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls,

[0028] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels und

[0029] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels.

[0030] Fig. 1 zeigt eine optische Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls 1 in zwei im wesentlichen senkrecht zueinander liegenden Richtungen 2, 3. Die optische Anordnung weist zwei mittels jeweils eines Drehantriebs 4, 5 um senkrecht zueinander liegende Achsen – x-Achse 6 und y-Achse 7 – drehbaren Spiegeln 8, 10 auf, wobei dem ersten Spiegel 8 ein weiterer Spiegel 9 in einer vorgegebenen Winkelposition drehfest zugeordnet ist, so dass die einander zugeordneten Spiegel 8, 9, d. h. erster und zweiter Spiegel, gemeinsam um die y-Achse 7 drehen und dabei den Lichtstrahl 1 um einen Drehpunkt 11 drehen, der auf der Drehachse 6 – x-Achse – des dritten Spiegels 10 liegt.

[0031] Erfindungsgemäß sind die Spiegel 8, 9, 10 derart angeordnet, dass die optische Achse des zwischen dem zweiten und dem dritten Spiegel 9, 10 verlaufenden Lichtstrahls 12 stets im wesentlichen in einer die x-Achse 6 umfassenden, senkrecht zur y-Achse 7 stehenden Ebene liegt.

[0032] Die Spiegel 8, 9, 10 sind derart angeordnet, dass die optische Achse des vom zweiten Spiegel 9 zu dem dritten Spiegel 10 verlaufenden Lichtstrahls 12 stets im wesentlichen in einem Punkt 11 auf der Spiegelfläche des dritten Spiegels 10 auftrifft, der der Schnittpunkt der beiden Drehachsen 6, 7 ist. Demgemäß schwenkt bzw. dreht der abgelenkte Lichtstrahl 13 stets um den Drehpunkt 11.

[0033] Die optische Achse des auf den ersten Spiegel 8 einfallenden Lichtstrahls 14 und die optische Achse des vom dritten Spiegel 10 reflektierten Lichtstrahls 13 ist im wesentlichen kollinear, wenn sich der dritte Spiegel 10 in der nicht ausgelenkten Position, die in den Fig. 1 bis 3 dargestellt ist, befindet. Die Drehachse 7 der beiden ersten Spiegel 8, 9 ist im wesentlichen kollinear zur optischen Achse des

auf den ersten Spiegel 8 einfallenden Lichtstrahls 14. Weiterhin ist die Drehachse 7 der beiden ersten Spiegel 8, 9 im wesentlichen kollinear zur optischen Achse des von dem dritten Spiegel 10 reflektierten Lichtstrahls 13, wenn sich der dritte Spiegel 10 in der nicht ausgelenkten Position befindet.

[0034] Zwischen dem Drehantrieb 5, der die beiden ersten Spiegel 8, 9 um die y-Achse 7 dreht, ist ein vierter Spiegel 15 ortsfest angeordnet. Die beiden ersten Spiegel 8, 9 sind in einem Gehäuse 16 angeordnet. Das Gehäuse 16 weist zwei Öffnungen 17, 18 auf. Durch die Öffnung 17 kann der auf den ersten Spiegel 8 einfallende Lichtstrahl 14 durchtreten, durch die Öffnung 18 kann der von dem zweiten Spiegel 9 reflektierte Lichtstrahl 12 zu dem dritten Spiegel 10 verlaufen.

[0035] Das Gehäuse 16 ist direkt mit dem Drehantrieb 5 verbunden, und zwar direkt an dessen mechanischer Drehachse. Der dritte Spiegel 10 ist direkt mit dem Drehantrieb 4 an dessen mechanischer Drehachse verbunden.

[0036] Die beiden Drehantriebe 4, 5 sind unmittelbar an der in Fig. 3 gezeigten Aufnahmevorrichtung 19 angebracht. Die Aufnahmevorrichtung 19 ist drehbar angeordnet und dreht um die y-Achse 7. Durch die Drehung der Aufnahmevorrichtung 19 um die y-Achse 7 ist es möglich, die Orientierung der Strahlablenkrichtungen 2, 3 und somit des Ablenkmusters 20 zu verändern. Somit kann die in diesem Ausführungsbeispiel realisierte schnelle Strahlablenkung entlang der Richtung 2 durch den sich alleine drehenden Spiegel 10 in vorteilhafter Weise beliebig orientiert werden.

[0037] Die Drehachse 7 der beiden ersten Spiegel 8, 9 ist im Wesentlichen kollinear zur optischen Achse des auf den ersten Spiegel 8 einfallenden Lichtstrahls 14. Weiterhin ist die Drehachse 7 der beiden ersten Spiegel 8, 9 im Wesentlichen kollinear zur optischen Achse des von dem dritten Spiegel 10 reflektierten Lichtstrahls 13, wenn sich der dritte Spiegel 10 in der nicht ausgelenkten Position befindet.

[0038] Zwischen dem Drehantrieb 5, der die beiden ersten Spiegel 8, 9 um die y-Achse 7 dreht, ist ein vierter Spiegel 15 ortsfest angeordnet. Die beiden ersten Spiegel 8, 9 sind in einem Gehäuse 16 angeordnet. Das Gehäuse 16 weist zwei Öffnungen 17, 18 auf. Durch die Öffnung 17 kann der auf den ersten Spiegel 8 einfallende Lichtstrahl 14 durchtreten, durch die Öffnung 18 kann der von dem zweiten Spiegel 9 reflektierte Lichtstrahl 12 zu dem dritten Spiegel 10 verlaufen.

[0039] Die Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel, bei dem das die beiden ersten Spiegel 8, 9 aufnehmende Gehäuse 16 ein Drehlager 21 aufweist. Das Drehlager 21 weist einen Durchgang 22 auf, durch den der abgelenkte Lichtstrahl 13 durchtreten kann. Fig. 2 ist entnehmbar, dass das Drehlager 21 in der Aufnahmevorrichtung 19 gelagert ist. Somit ist das Gehäuse 16 zum einen von dem Drehantrieb 5 und zum anderen von dem Drehlager 21 bei der Drehbewegung um die y-Achse 7 gelagert. Das Drehlager 21 des Gehäuses 16 der beiden Spiegel 8, 9 ist in einem Drehlager 23 der Aufnahmevorrichtung 19 gelagert. Das Drehlager 23 ist mit einem nicht eingezeichneten Gehäuse, das die erfindungsgemäße Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls aufnimmt, verbunden.

[0040] Der Fig. 3 ist andeutungsweise zu entnehmen, dass die Achse des Drehlagers 21 des Gehäuses 16 der beiden Spiegel 8, 9 kollinear zu der Achse des Drehlagers 23 der Aufnahmevorrichtung 19 angeordnet ist. Diese beiden Achsen fallen mit der y-Achse 7 zusammen.

[0041] Die Bauteile der optischen Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls sind in Form von Modulen, leicht austauschbaren Bauteilen ausgeführt. Hierbei bilden das die beiden ersten Spiegel 8, 9 aufnehmende Gehäuse 16 und der

das Gehäuse 16 drehende Drehantrieb 5, wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt, ein austauschbares Modul. Der dritte Spiegel 10 und der ihn drehende Drehantrieb 4 bilden ein weiteres austauschbares Modul. Die in Fig. 3 gezeigte gesamte Aufnahmevorrichtung 19 ist ebenfalls modular ausgeführt. Der das Gehäuse 16 drehende Drehantrieb 5 ist als Galvanometer ausgeführt, der Schwingungen in einem Frequenzbereich von 10 bis 800 Hz ausführen kann. Der den dritten Spiegel 10 drehende Drehantrieb 4 ist als resonantes Galvanometer ausgeführt und schwingt bei einer Frequenz von 4 kHz. Die Aufnahmevorrichtung 19 wird von einem nicht eingezeichneten Schrittmotor um die y-Achse gedreht.

[0042] Abschließend sei ganz besonders darauf hingewiesen, dass die voranstehend erörterten Ausführungsbeispiele lediglich zur Beschreibung der beanspruchten Lehre dienen, diese jedoch nicht auf die Ausführungsbeispiele einschränken.

Bezugszeichenliste

1 Lichtstrahl	20
2 Ablenkrichtung von (10)	
3 Ablenkrichtung von (8) und (9)	
4 Drehantrieb für (10)	
5 Drehantrieb für (16)	25
6 X-Achse	
7 Y-Achse	
8 erster Spiegel	
9 zweiter Spiegel	
10 dritter Spiegel	30
11 Drehpunkt	
12 zwischen (9) und (10) verlaufender Lichtstrahl	
13 abgelenkter Lichtstrahl	
14 auf (8) einfallender Lichtstrahl	
15 vierter Spiegel	35
16 Gehäuse von (8), (9)	
17 Öffnung von (16)	
18 Öffnung von (16)	
19 Aufnahmevorrichtung	
20 Ablenkmuster	40
21 Drehlager von (16)	
22 Durchgang in (21)	
23 Drehlager von (19)	

Patentansprüche

1. Optische Anordnung zum Ablenken eines Lichtstrahls (1, 14) insbesondere in zwei im wesentlichen senkrecht zueinander liegenden Richtungen (2, 3), vorzugsweise zur Anwendung bei konfokalen Rastermikroskopen, mit zwei mittels jeweils eines Drehantriebs (4, 5) um senkrecht zueinander liegende Achsen – x-Achse (6) und y-Achse (7) – drehbaren Spiegeln (8, 10), wobei einem der beiden Spiegel (8, 10) ein weiterer Spiegel (9) in einer vorgegebenen Winkelposition drehfest zugeordnet ist, so dass die einander zugeordneten Spiegel (8, 9) – erster und zweiter Spiegel – gemeinsam um die y-Achse (7) drehen und dabei den Lichtstrahl (1, 14) um einen Drehpunkt (11) drehen, der auf der Drehachse (6) – x-Achse – des dritten Spiegels (10) liegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (8, 9, 10) derart angeordnet sind, dass die optische Achse des zwischen dem zweiten und dem dritten Spiegel (9, 10) verlaufenden Lichtstrahls (12) stets im wesentlichen in einer die x-Achse (6) umfassenden, senkrecht zur y-Achse (7) stehenden Ebene liegt.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spiegel (8, 9, 10) derart angeordnet sind,

dass die optische Achse des von dem zweiten Spiegel (9) zu dem dritten Spiegel (10) verlaufenden Lichtstrahls stets im wesentlichen in einem Punkt (11) auf der Spiegelfläche des dritten Spiegels (10) auftritt, der der Schnittpunkt der beiden Drehachsen (6, 7) ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Achse des auf den ersten Spiegel (8) einfallenden Lichtstrahls (14) und die optische Achse des von dem dritten Spiegel (10) reflektierten Lichtstrahls (13) im wesentlichen kollinear ist, wenn sich der dritte Spiegel (10) in der nicht ausgelenkten Position befindet.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehachse (7) der beiden ersten Spiegel (8, 9) im wesentlichen kollinear zu der optischen Achse des auf den ersten Spiegel (8) einfallenden Lichtstrahls (14) ist.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehachse (7) der beiden ersten Spiegel (8, 9) im wesentlichen kollinear zu der optischen Achse des von dem dritten Spiegel (10) reflektierten Lichtstrahls (13) ist, wenn sich der dritte Spiegel (10) in der nicht ausgelenkten Position befindet.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der die beiden ersten Spiegel (8, 9) um die y-Achse (7) drehende Drehantrieb (5) räumlich zwischen dem ersten und dem dritten Spiegel (8, 10) angeordnet ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem die beiden ersten Spiegel (8, 9) um die y-Achse (7) drehenden Drehantrieb (5) und dem ersten Spiegel (8) ein vierter Spiegel (15) angeordnet ist.

8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der vierte Spiegel (15) ortsfest angeordnet ist.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ersten Spiegel (8, 9) in einem Gehäuse (16) angeordnet sind.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (16) mindestens zwei Öffnungen (17, 18) aufweist, durch die Lichtstrahlen (14, 12) ein- bzw. austreten können.

11. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (16) direkt mit dem Drehantrieb (5) verbunden ist, vorzugsweise direkt an dessen mechanischer Drehachse.

12. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (16) indirekt mit dem Drehantrieb (5) verbunden ist, beispielsweise über ein Getriebe, Kardangeln oder ein sich abrollendes Blattelement.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Spiegel (10) direkt mit einem weiteren Drehantrieb (4) verbunden ist, vorzugsweise direkt an dessen mechanischer Drehachse.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Spiegel (10) indirekt mit dem weiteren Drehantrieb (4) verbunden ist, beispielsweise über ein Getriebe, Kardangeln, oder ein sich abrollendes Blattelement.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Drehantriebe (4, 5) unmittelbar an einer Aufnahmevorrichtung (19) angebracht sind.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Drehantriebe

- (4, 5) mittelbar an einer Aufnahmevorrichtung (19) angebracht sind.
17. Anordnung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmevorrichtung (19) drehbar angeordnet ist.
18. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmevorrichtung (19) um die y-Achse (7) dreht.
19. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass durch Drehen der Aufnahmevorrichtung (19) die Orientierung der Strahlableitrichtungen (2, 3) veränderbar ist.
20. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das die beiden ersten Spiegel (8, 9) aufnehmende Gehäuse (16) ein Drehlager (21) aufweist.
21. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehlager (21) in der Aufnahmevorrichtung (19) gelagert ist.
22. Anordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehlager (21) des Gehäuses (16) der beiden Spiegel (8, 9) in einem Drehlager (23) der Aufnahmevorrichtung (19) gelagert ist.
23. Anordnung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Achse des Drehlagers (21) des Gehäuses (16) der beiden Spiegel (8, 9) kollinear zu der Achse des Drehlagers (23) der Aufnahmevorrichtung (19) angeordnet ist.
24. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 23, gekennzeichnet durch modular ausgeführte, leicht austauschbare Bauteile.
25. Anordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das die beiden ersten Spiegel (8, 9) aufnehmende Gehäuse (16) und der das Gehäuse (16) drehende Drehantrieb (5) zu einem austauschbaren Modul zusammengefasst ist.
26. Anordnung nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Spiegel (10) und der ihn drehende Drehantrieb (4) zu einem austauschbaren Modul zusammengefasst ist.
27. Anordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmevorrichtung (19) in Form eines austauschbaren Moduls ausgeführt ist.
28. Anordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die austauschbaren Module und/oder die modular ausgeführte Aufnahmevorrichtung (19) Mittel zur exakten Positionierung aufweisen.
29. Anordnung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur exakten Positionierung Führungselemente und/oder Anschlagelemente aufweisen.
30. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass als Drehantrieb (4, 5) ein Galvanometer dient.
31. Anordnung nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um ein resonantes Galvanometer handelt.
32. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass als Drehantrieb (4, 5) ein Schrittmotor dient.
33. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Spiegel durch ein optisch aktives Bauteil, beispielsweise ein AOD (Acousto-Optical-Deflector), EOD (Electro-Optical-Deflector) oder DMD (Digital Micro-Mirror Device) ersetzbar ist.

34. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass den drei Spiegeln () mindestens ein optisch aktives Bauteil, beispielsweise ein AOD (Acousto-Optical-Deflector), EOD (Electro-Optical-Deflector) oder DMD (Digital Micro-Mirror-Device), vor- und/oder nachgeordnet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

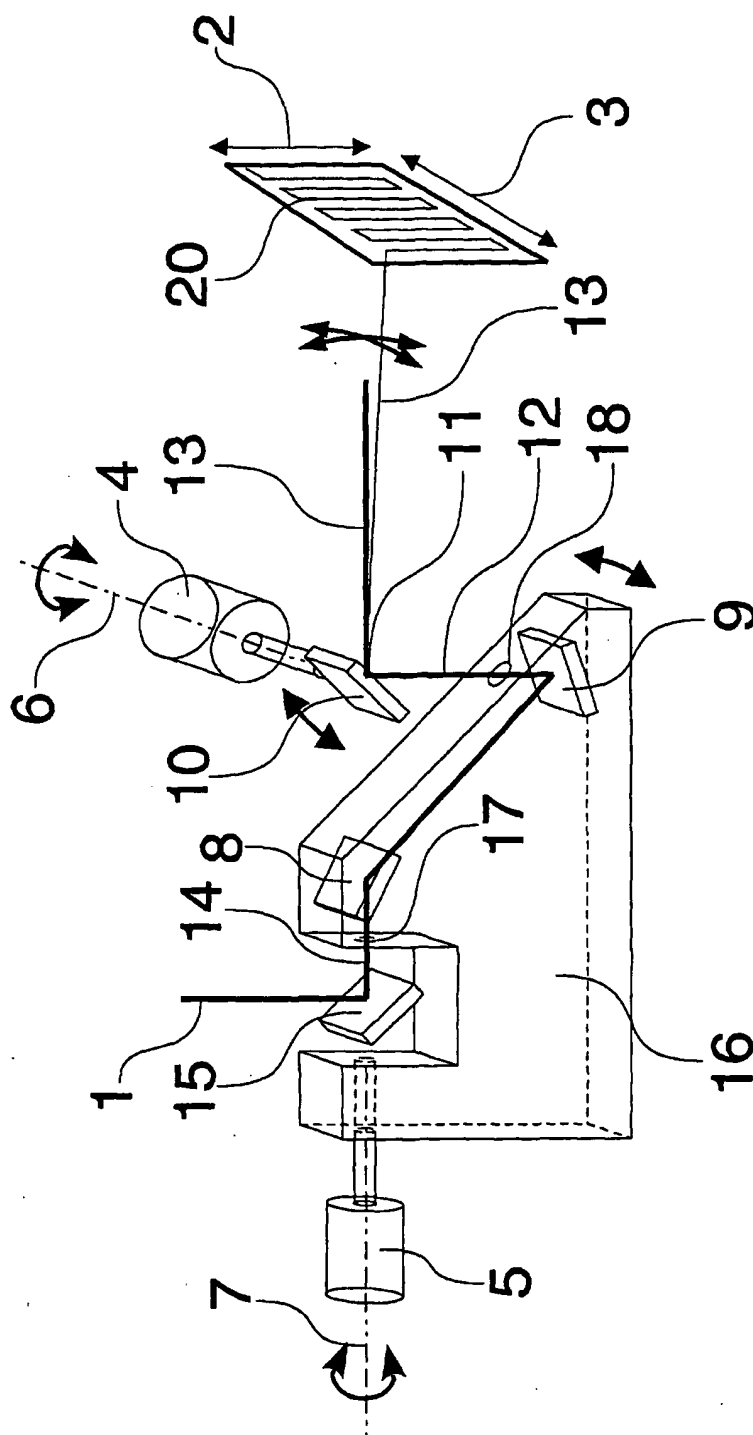


Fig. 1

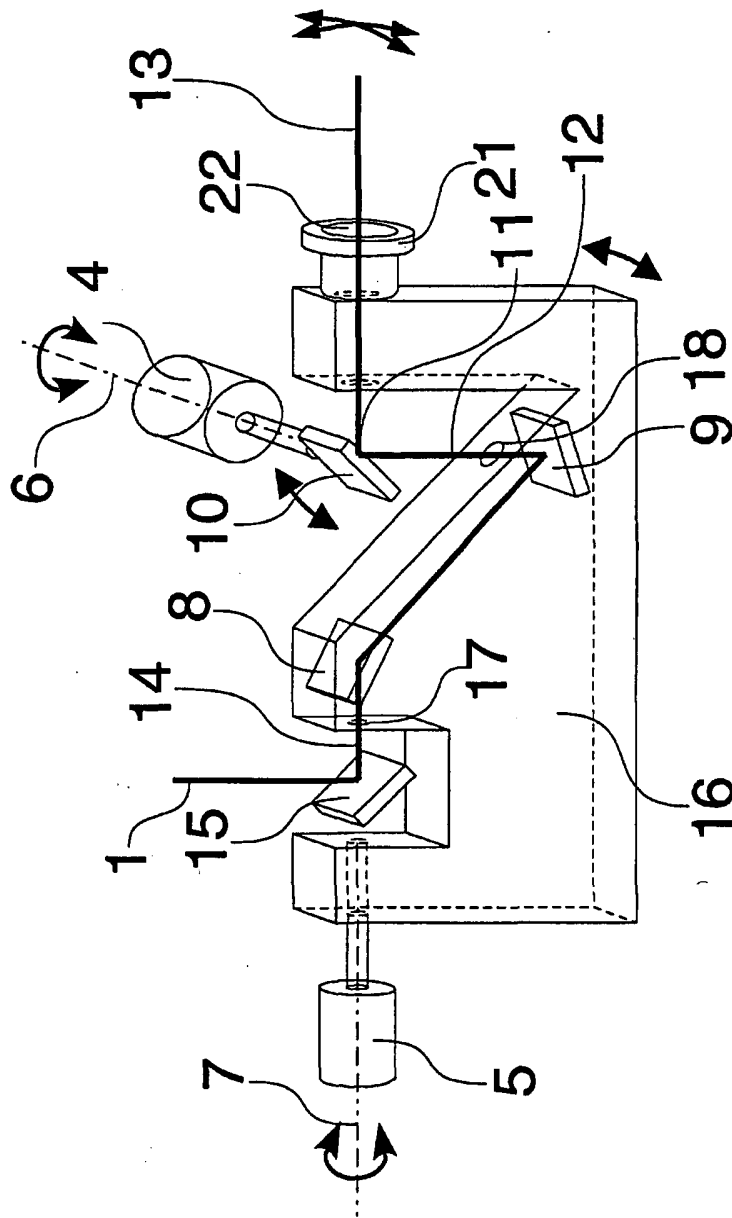


Fig. 2

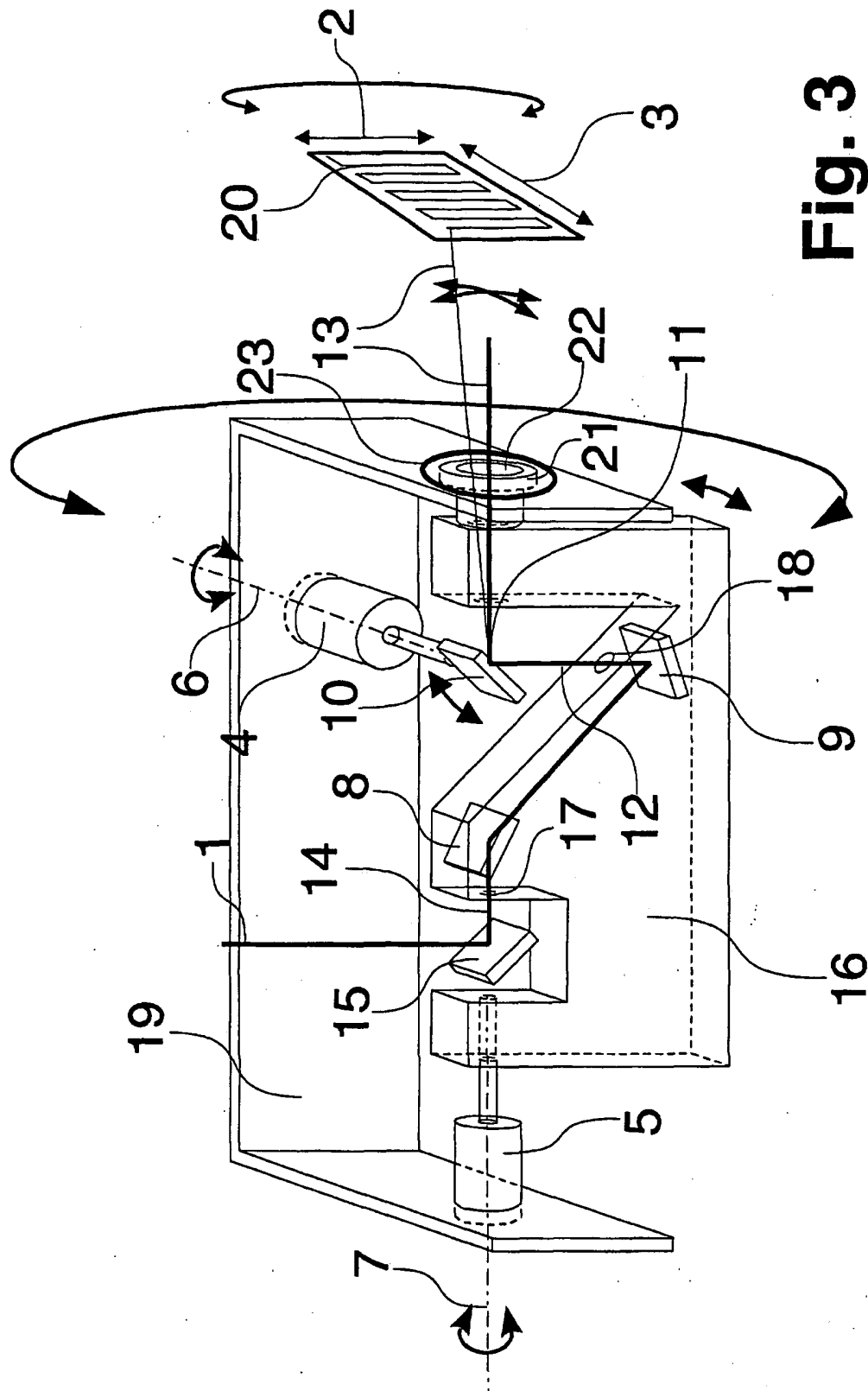


Fig. 3

Optical arrangement for deflecting a light beam, particularly in two substantially mutually perpendicular directions and confocal scanning microscope

Patent Number: ☐ [US2002008904](#)
Publication date: 2002-01-24
Inventor(s): ENGELHARDT JOHANN (DE)
Applicant(s): LEICA MICROSYS HEIDELBERG GMBH (DE)
Requested Patent: ☒ [DE10033549](#)
Application Number: US20010901274 20010709
Priority Number(s): DE20001033549 20000711
IPC Classification: G02B26/08; G02B21/00; G02B21/06
EC Classification: [G02B21/00M4A](#)
Equivalents: ☐ [EP1179747](#), ☐ [JP2002062504](#)

Abstract

The present invention relates to an optical arrangement for deflecting a light beam (1, 14), in particular in two substantially mutually perpendicular directions (2, 3), preferably for applying to confocal scanning microscopes, having two mirrors (8, 10) which can be rotated by means of a rotary drive (4, 5) in each case about mutually perpendicular axes-the x-axis (6) and y-axis (7)-one of the two mirrors (8, 10) being assigned a further mirror (9) in a prescribed angular position in a rotationally fixed fashion such that the mutually assigned mirrors (8, 9)-first and second mirrors-rotate jointly about the y-axis (7), and in so doing rotate the light beam (1, 14) about a pivot (11) which lies on the axis of rotation (6)-the x-axis-of the third mirror (10). In order to minimize and, in the ideal case, to eliminate the distortion errors produced by the arrangement, the optical arrangement is characterized in that the mirrors (8, 9, 10) are arranged in such a way that the optical axis of the light beam (12) running between the second and the third mirrors (9, 10) always lies substantially in a plane containing the x-axis (6) and perpendicular to the y-axis (7)

Data supplied from the esp@cenet database - I2